

오손물질에 따른 고분자 장간애자의 표면 전계분포

장동욱, 한문섭, 김형철
한국철도기술연구원 전기신호연구본부 전력연구팀

Electric field distribution on the surface of polymer post insulator according to state of water drops

Donguk Jang, Moonseob Han, Hyunchul Kim
Signaling & Electrical Engineering Department, Korea Railroad Research Institute

Abstract - In order to check the electric field distribution of polymer line post insulator, we performed electric field simulation according to state of water drops. Sea water is used to the contaminant. Electric field analysis is performed with change of contact angle, number and distance of water drops.

전계가 집중되는 것을 확인할 수 있다. 거리에 따른 해석결과를 그림 3에 나타내었다.

1. 서 론

고분자 애자는 최근 들어 전철화에 따라서 전차선로 시스템의 장간애자로 널리 사용되고 있다. 이것은 세라믹 애자에 비해서 작은 중량, 취급이 쉽고, 깨지기 쉽지 않고, 우수한 오염섭착 성능을 가지고 있기 때문이다. 그러나 고분자 재료의 열화 저항성은 비고분자 재료만큼 좋지 않다. 고분자 재료의 성능은 어떠한 환경에 놓이게 되면 저하된다는 것이 증명되고 있다. 일반적인 열화인자는 오손, 젖은 상태, 자외선, 산성비, 표면방전이 있다. 이러한 인자들 중에 표면방전은 중요한 역할을 한다. 그리고 이것은 종종 표면방전으로부터 시작된다. 고분자 애자의 표면코로나와 열화 간에는 밀접한 관계가 있다.

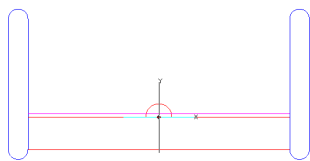
고분자 애자의 표면에 오손물질 즉, 물방울이 존재하게 되면 그 부근의 전계가 강화된다. 물방울들은 전압이 인가되면 전계방향으로 항상 늘어나게 되어 변형이 될 것이다. 이러한 변형은 절연거리를 짧게 만들어서 실리콘 고무 표면에 코로나를 발생시키며, 결국 표면방전을 일으키게 된다. 그래서 물방울에 의한 전계강화에 대한 미시적인 연구가 고분자 애자 설계시에 전계를 조절하는 기초를 두었다. 본 분석을 기초로 하여, 물방울에 의한 애자 주변의 전계를 계산에 의해서 해석하였다.

2. 본 론

2.1 해석방법

애자의 오손물질 영향을 검토하기 위해서 2D해석 모델을 적용하였다. 사용한 프로그램은 Maxwell을 사용하였다. 각 전극양단에 1 V를 인가하면서 전위 및 전계 분포, 최대 전계값을 검토하였다. 그림 1을 기본 모델에 대한 x-y평면에 그려진 모델을 나타내고 있다. 물방울의 개수를 1개부터 4개까지 증가시켜 가면서 해석을 실시하였으며, 물방울 간 거리는 1 cm부터 5 cm까지 증가시켜 해석을 하였다. 또한 접촉각을 50°~90°까지 증가하며 해석하였다.

전극은 알루미늄으로 재료를 설정하였으며, 애자재료는 비유전율을 4.0, 물방울의 경우는 바닷물(81)로 하였다. 절연물 표면에서의 전계분포를 알아보기 위해서 표면에서 약 0.5 cm위치에 라인을 선정하여 전계분포를 검토하였다.

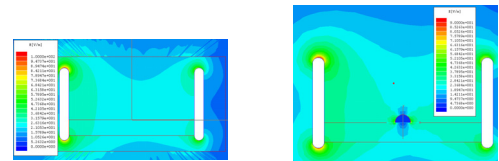


〈그림 1〉 해석모델 단면

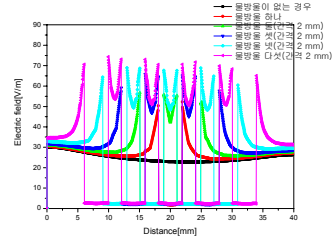
2.2 오손물질(물방울)의 영향 검토

2.2.1 물방울 개수

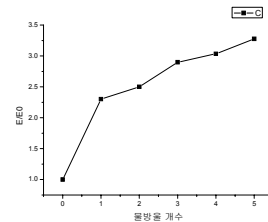
물방울의 개수 영향을 검토하기 위해서 물방울 개수를 증가시켜 가면서 전계변화를 살펴보았다. 물방울은 지금이 2 mm로, 물방울간 거리는 2 mm로 일정하게 유지하면서 개수를 1~5개까지 증가시켰다. 그림 2는 물방울이 있을 경우와 없을 경우 전계해석한 결과이다. 물방울 부근에서



(a) 물방울이 없는 경우 (b) 물방울이 있을 경우 전계분포
〈그림 2〉 해석결과와 전계분포의 예



〈그림 3〉 물방울 개수에 따른 애자표면 전계분포



〈그림 4〉 물방울 개수에 따른 E/E0 변화

물방울이 없을 경우는 전계를 E0로 하고 물방울이 있을 경우 최대 전계를 E로 하였을 때 E/E0의 변화를 그림 4에 나타내었다. 그림4에서 보면 물방울 개수가 증가할수록 전계가 커지는 것을 볼 수 있다. 물방울이 있을 경우 5개일 때 최대 3.27배의 전계강화효과가 나타나고 있다. 이러한 전계강화는 애자표면에서 부분적인 절연과피 현상을 유발하여 열화가 진전되는 효과를 가져올 수 있다.

2.2.2 물방울간 거리

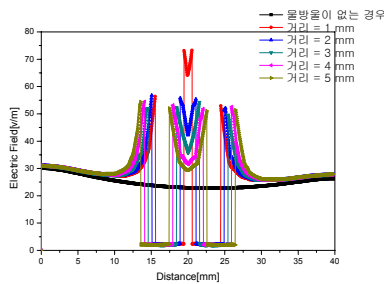
물방울의 거리에 따른 전계분포를 검토하기 위한 것으로, 물방울 개수는 2개로 하였으며 거리를 1 mm~5 mm까지 증가시켜 가면서 애자표면에서의 전계분포를 검토하였다. 그림 5에 물방울 거리에 따른 전계해석 결과를 나타내었다. 그림 6에서 보면, 물방울 간 거리가 1 mm일 때 가장 크게 전계가 강화되는 것을 볼 수 있으며, 3 mm 이상에서는 거리에 따라서 큰 영향이 없이 거의 일정한 것을 볼 수 있다.

2.2.3 접촉각의 영향

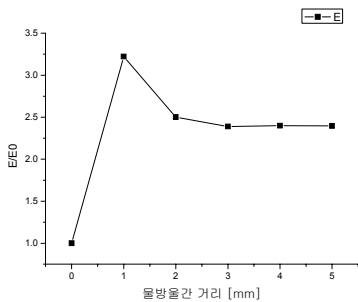
애자에 있어서 접촉각은 상당히 중요한 요소이다. 접촉각이 작아지면 애자표면에 물방울이 퍼지게 되어 전극간 거리를 감소시키며, 이것을 애자의 표면누설거리를 감소시키는 것과 같은 것이다.

접촉각을 30, 50, 80, 90도로 변화시켜 가면서 전계분포를 검토하였다.

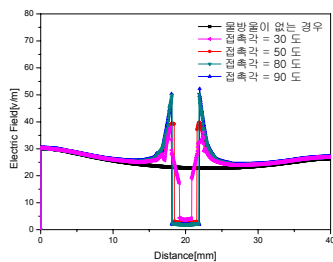
이때 애자의 표면은 지름이 2 mm로 일정하게 유지시켰으며, 물방울은 한개가 중심에 놓여져 있을 경우로 하였다.
그림 7에 애자표면에서의 전계분포를 나타내었다.



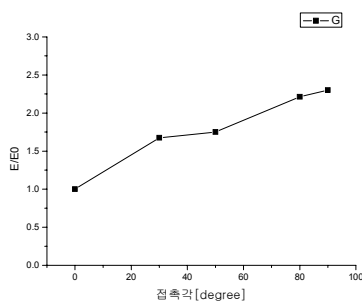
<그림 5> 물방울 거리에 따른 애자표면 전계분포



<그림 6> 물방울 거리에 따른 E/E0 변화



<그림 7> 접촉각에 따른 애자표면 전계분포



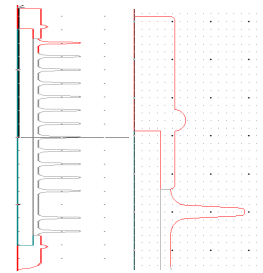
<그림 8> 접촉각에 따른 E/E0 변화

그림 8은 접촉각에 따른 E/E0 변화로 접촉각이 커질수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 애자의 접촉각이 작아질수록 물방울이 타원에 가까워져 전계가 완화된 것으로 생각되어진다. 또한 물방울이 애자의 표면에 닿는 면적을 일정하게 하여 접촉각이 작아질수록 부피가 감소되어 나온 결과로 부피를 일정하게 유지하면서 해석할 필요가 있을 것으로 판단된다. 동일한 부피에서 접촉각이 작아지면 전극간 거리가 줄어들기 때문에 이러한 영향을 고려해야 할 것이다.

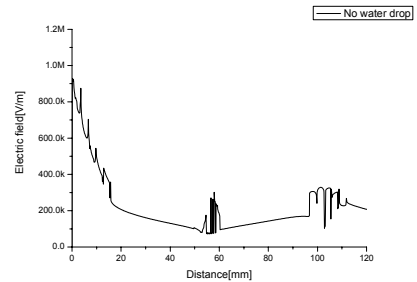
2.3 장간애자 전계해석

그림 9는 현재 25 kV 교류 전기철도 시스템에서 사용하고 있는 고분

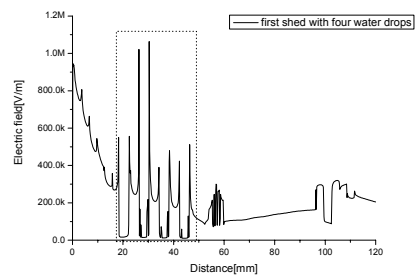
자 장간애자에 대한 전계해석 결과를 나타내고 있다. 장간애자에 물방울이 전계에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 첫 번째 shed에 물방울을 4개 놓고 전계분포를 해석하였다. 해석결과 위의 결과와 마찬가지로 물방울에 의해서 전계강화되어 나타나는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 9> 장간애자



(a) 물방울이 없는 경우



(b) 물방울이 있는 경우

<그림 10> 장간애자의 전계분포

3. 결 론

본 논문은 애자표면에 오손물질인 물방울이 전계에 어떠한 영향을 주는지를 검토하기 위해서 전계해석을 통하여 검토하였다. 애자표면에 물방울의 개수, 거리, 접촉각을 변화시켜 가며 Maxwell 전계해석을 실시한 결과 다음의 결론을 얻었다.

물방울 개수가 증가할수록 전계강화는 증가하였으며, 최대 약 3.27배까지 증가하였다. 물방울간 거리가 짧아질수록 전계강화는 증가(1mm 일 경우 3.25배)를 하였으나, 거리가 3 mm 이상이 되면 거의 일정한 값을 유지하였다. 접촉각의 경우는 접촉각이 커질수록 전계가 증가하는 결과가 나왔으나, 부피에 대한 영향을 고려하여 더 검토해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Weiguo Que and Stephen A. Sebo, "Typical cases of electric field and voltage distribution calculations along polymer insulators under various wet surface conditions", 2002 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 840-843, 2002
- [2] Zhicheng Guan, Liming Wang, Bo Yang, Xidong Liang and Zhi Li, "Electric Field Analysis of Water Drop Corona", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 20 No. 2, 964-969, 2005
- [3] Aiton L. Souza and Ivan J. S. Lopes, "Electric Field Distribution along the Surface of High Voltage Polymer Insulators and its Changes under Service Conditions", Conference Record of the 2006 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 56-59, 2006